

XIX^{èmes} Journées Nationales Microondes 3-4-5 Juin 2015 - Bordeaux



Mécanismes de dépolarisation des composantes spéculaires multi-trajets et denses en milieu industriel

Davy Paul Gaillot¹, Emmeric Tanghe², Wout Joseph², Pierre Laly¹, Martine Liénard¹, Luc Martens²

¹Université de Lille 1, IEMN – TELICE, Bâtiment P3, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq

²Université de Gand, iMinds – WICA, Gaston Crommenlaan 8 box 201, 9050 Gand, Belgique
davy.gaillot@univ-lille1.fr

Résumé

Cette contribution présente les résultats d'une large campagne de mesures polarimétriques du canal de propagation radio à 1.3 GHz en milieu industriel pour des scénarios en vue directe (LOS) et obstruée (OLOS). Une analyse complète du taux de discrimination de polarisation croisée (XPD) est réalisée non seulement à partir des canaux expérimentaux mais également avec les composantes spéculaires multi-trajets (SMC) et denses (DMC) estimées par l'algorithme RiMAX qui prend en compte les diagrammes de rayonnement des antennes polarimétriques. Cette approche permet de relier les mécanismes de dépolarisation du canal avec les phénomènes de propagation physique.

1. Introduction

La compréhension des phénomènes physiques contribuant au canal de propagation radio a particulièrement évolué au cours de la dernière décennie au sein de la communauté scientifique. Il était acquis que le canal radio était constitué d'un ensemble de composantes multi-trajets (SMC) qui sont définies de manière discrète dans toutes les dimensions possibles du canal radio (spatial, fréquence, temps, etc.). A ce titre, la partie restante du canal radio qui est continue dans toutes ces dimensions était considérée comme du bruit colorée. Il est maintenant accepté que cette composante, dite dense (DMC), résulte de la superposition de réflexion diffuse et de trajets ayant un faible rapport signal à bruit (SNR). L'identification de cette composante dans le modèle physique du canal radio implique que l'ensemble des paramètres du canal doivent être réévalués et cette contribution participe à cet effort. Ici, le taux de discrimination de polarisation croisée (XPD) est analysé pour les SMC et DMC dans un large environnement industriel, milieu de propagation faiblement exploré dans la littérature.

2. Méthodologie

2.a. Environnement de mesure et procédure d'estimation

L'environnement de propagation est un large bâtiment industriel situé à Zwijnaarde, Belgique et ayant pour dimensions 21,3 x 77,2 x 12,2 m³. Ce bâtiment est

dédié à la recherche sur la technologie du béton et présente un large inventaire de machines métalliques utilisées pour tester les propriétés mécaniques du béton. Le matériau dominant pour l'intégrité structurelle du bâtiment est également le béton. Des mesures en fréquence du canal radio ont été effectuées dans ce bâtiment à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel avec une bande de 22 MHz ($M_f = 1601$ points d'échantillonnage) centrée sur la fréquence de 1.3 GHz. Un réseau virtuel circulaire et uniforme (UCA) a été utilisé pour la partie d'émission (Tx) et réception (Rx). Chaque réseau consiste en une antenne patch carrée bipolaire qui se déplace sur un cercle de rayon 15 cm tous les 30° ($M_R = M_T = 12$ positions) et situé à 1,6 m du sol. Au total, 29 positions Tx – Rx ont été mesurées en condition de vue directe (LOS) ou obstruée (OLOS) (Figure 1).

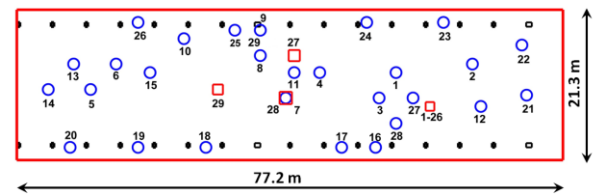


Figure 1. Scénario de mesure et cartographie des 29 positions Tx (rond bleu) – Rx (carré rouge).

2.b. Estimation des SMC et DMC

L'estimation conjointe des paramètres du canal est effectuée par l'algorithme de maximum de vraisemblance RiMAX qui décompose le vecteur de canal échantillonné $\mathbf{h}_{XY} \in \mathbb{C}^{M_R M_T M_f \times 1}$ en la somme d'une composante SMC \mathbf{s}_{XY} et DMC \mathbf{d}_{XY} [1]. La matrice polarimétrique complète est donnée par:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_{HH} & \mathbf{h}_{HV} \\ \mathbf{h}_{VH} & \mathbf{h}_{VV} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Les indices X et Y dénotent respectivement la polarisation de l'antenne de transmission et réception qui peut être soit verticale (V) ou horizontale (H). L'algorithme se base sur l'hypothèse d'une factorisation de la matrice de covariance par un produit de Kronecker ce qui permet une estimation séquentielle conjointe dans

la dimension fréquentielle et spatiale. De plus, le diagramme de rayonnement polarimétrique des antennes est utilisé dans l'estimateur pour séparer le canal de propagation du système de mesures. Ceci a été réalisé par l'approche EADF (Effective Aperture Distribution Function) détaillée dans [2].

3. Résultats et discussion

3.a. XPD des canaux mesurés

Les valeurs de XPD sont obtenues à partir des canaux mesurés en moyennant la puissance sur l'ensemble des 144 liens possibles Tx – Rx. Le XPD pour chaque position est donnée par :

$$\text{XPD}_x(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left\langle \frac{|h_{xx}|^2}{|h_{xy}|^2} \right\rangle \quad (2)$$

Le tableau 1 présente les valeurs de $\text{XPD}_{H/V}$ moyennes pour les liens catégorisés LOS et OLOS. Ces valeurs sont proches de celles rapportées dans la littérature pour des environnements indoor [3 – 4] même si il est noté une dépolarisation plus importante pour H que pour V. On note également des valeurs de XPD plus élevées pour les scénarios LOS attribuées au fait que les composantes spéculaires d'ordre faible (LOS et réflexion d'ordre 1) ont des XPD plus élevés. Une différence de 1 dB est calculée entre H et V qui correspond à la différence de gain entre les deux voies de l'antenne.

| | $\langle \text{XPD}_H \rangle$ | $\langle \text{XPD}_V \rangle$ |
|------|--------------------------------|--------------------------------|
| LOS | 12.2 | 11.05 |
| OLOS | 8.48 | 7.58 |

Tableau 1. XPD mesurés (en dB).

3.b. XPD des SMC et DMC

En parallèle des résultats précédents, les valeurs de XPD ont été également calculées pour les SMC et DMC estimées. Pour chaque lien Tx – Rx, le XPD des SMC est calculé pour tous les rayons individuels. En moyenne, plus de 200 trajets ont été estimés par position. Pour la DMC, la puissance est préalablement calculée par intégration pour en déduire le XPD. Le Tableau 2 présente les valeurs de XPD moyennées sur toute la plage de distance Tx – Rx. Pour les SMC, la valeur médiane ($\cdot_{0.5}$) des XPD par trajet est utilisée pour retirer la contribution de la vue directe (si elle existe) qui introduit un biais dans les valeurs n'étant pas assujetti aux phénomènes de dépolarisation.

Pour les SMC, le déséquilibre des valeurs de XPD contrastent avec les valeurs moyennes de XPD calculées à partir des canaux mesurés (Tableau 1). Les résultats démontrent que les caractéristiques de propagation sont très différentes entre des trajets polarisés V et H. Ce phénomène peut être attribué à l'angle de Brewster qui va introduire une dépolarisation importante pour les trajets à faible élévation en H ; effet amplifiée ici par la richesse métallique de l'environnement dans le plan azimutal. On remarque ainsi que pour des grands bâtiments industriels, la polarisation V est privilégiée.

Les résultats sur la DMC indiquent qu'une dépolarisation complète n'est pas obtenue (0 dB)

comparée à un scénario indoor de type bureau [4]. On note également que la dépolarisation pour les canaux V est apportée majoritairement par la DMC. En résumé, ces résultats montrent que les valeurs de XPD obtenus à partir des SMC et de la DMC estimés donnent une meilleure compréhension physique comparée aux valeurs obtenus à partir des canaux mesurés.

| | SMC | | DMC | |
|------|--|--|--------------------------------|--------------------------------|
| | $\langle (\text{XPD}_H)_{0.5} \rangle$ | $\langle (\text{XPD}_V)_{0.5} \rangle$ | $\langle \text{XPD}_H \rangle$ | $\langle \text{XPD}_V \rangle$ |
| LOS | 5.72 | 11.53 | 5.29 | 5.17 |
| OLOS | 6.11 | 9.98 | 6.84 | 4.16 |

Tableau 2. XPD médian moyen pour les SMC et XPD moyen pour la DMC (en dB).

4. Conclusion

Le canal de propagation en milieu industriel a été mesuré par une technique MIMO polarimétrique pour des scénarios en LOS et OLOS. Une analyse complète du XPD a été réalisée sur les canaux expérimentaux mais également sur les SMC et DMC estimées par l'algorithme RiMAX qui prend en compte les diagrammes de rayonnement des antennes polarimétriques. Les résultats montrent qu'il est non seulement nécessaire de séparer les antennes directives des canaux mesurés mais également de dissocier les SMC et DMC. Ainsi, l'interprétation des mécanismes de propagation par les deux approches permet de relier les mécanismes de dépolarisation du canal avec les phénomènes de propagation physique.

5. Remerciements

E. Tanghe est actuellement Post-Doctorant et récipient du FWO-V (Research Foundation - Flanders). Ces travaux ont été financièrement soutenus par le projet 1.1.7 WiSE du programme INTERREG IVA.

6. Bibliographie

- [1] A. Richter, "Estimation of radio channel parameters: Models and algorithms," Ph.D. dissertation, Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Ilmenau, DE, 2005.
- [2] M. Landmann, "Limitations of Experimental Channel Characterisation," Ph.D. dissertation, Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Ilmenau, DE, 2008.
- [3] J.-M. Molina-Garcia-Pardo, J.-V. Rodriguez, and L. Juan-Lliacer, "Polarized indoor MIMO channel measurements at 2.45 GHz," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 12, pp. 3818–3828, Dec 2008.
- [4] E. Vitucci, F. Mani, C. Oestges, and V. Degli-Esposti, "Analysis and modeling of the polarization characteristics of diffuse scattering in indoor and outdoor radio propagation," in *Applied Electromagnetics and Communications (ICECom), 2013 21st International Conference on*, Oct 2013, pp. 1–5.